

# **Sicher genug?**

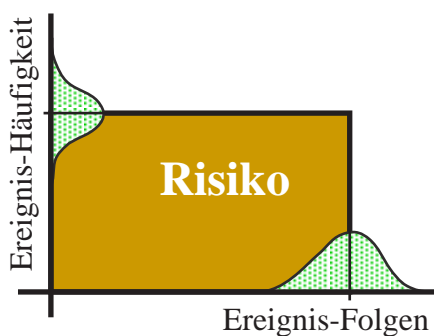
Jörg Schneider, Professor em. für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

## Zusammenfassung

Absolute Sicherheit gibt es nicht. Und doch können wir alles noch sicherer machen, gegebenenfalls durch Verzicht (der selbst wiederum neue Risiken schaffen könnte). Doch wollen wir das? Und wenn schon: was können wir uns im Streben nach mehr, nach noch mehr Sicherheit leisten? Denn Sicherheit hat ihren Preis. Wie sicher ist sicher genug? Das ist eine gut gestellte und viel diskutierte Frage, die letzten Endes nach einem gesellschaftlichen Konsens ruft. Die Suche nach einem solchen Konsens führt über den Vergleich vorhandener Risiken und die Betrachtung der Rettungseffizienz möglicher Massnahmen.

## Risiko

Der Begriff *Risiko* wird in technischen Zusammenhängen in der Regel als Funktion der *Folgen* eines möglichen Schadenereignisses und der *Ereignis-Häufigkeit* verstanden. Die einfachste Funktion zur Verknüpfung entsprechender Zahlenwerte ist das Produkt dieser Grössen. In Figur 1 zeigt sich deshalb Risiko als ein Rechteck, aufgespannt durch die sog. Erwartungswerte dieser beiden Grössen.



Figur 1: Risiko

Freilich sind weder die Ereignis-Folgen noch die Ereignis-Häufigkeit zum voraus genau bekannt. Beides sind sogenannte *unscharfe Grössen*, die insbesondere für seltene Ereignisse statistisch nur schwach untermauert sind. Diese Tatsache ist in Figur 1 mit den sog. Verteilungsdichten für Häufigkeiten und Folgen angedeutet. Natürlich ist – wenn schon die Ausgangsgrössen unscharf sind – auch die Grösse des Risikos unscharf. Das gilt es beim Vergleich von Risiken und beim Fällen von Entscheidungen zu beachten.

Sowohl die Ereignis-Folgen als auch die Ereignis-Häufigkeiten können klein sein, aber auch erhebliche Grössenordnungen erreichen. Viele Zehnerpotenzen liegen zwischen den Extremen. Deshalb werden die Axen des Diagramms der Figur 1 in der Regel in logarithmischem Massstab geteilt (siehe hierzu auch, der Erklärung vorausgehend, Figur 5).

## Risiko-Kategorien

Man unterscheidet in erster Linie zwischen *Personenrisiken* und *Sachschadenrisiken*. Im Vordergrund stehen, nicht nur weil von den Kosten eines Schadenereignisses her in der Regel dominant, sondern auch aus ethischen und rechtlichen Gründen, die *Personenrisiken*. In der

Regel werden diese am Todesfallrisiko gemessen. Das hat seine Gründe: Zum einen sind Todesfälle eindeutig und einfach zählbar im Gegensatz zu mehr oder weniger schweren Verletzungen, zum anderen steht die Anzahl der Toten oft in einem bestimmten, mehr oder weniger konstanten Verhältnis zur Zahl der Verletzten. In der Folge steht hier das Todesfallrisiko stellvertretend für das Gesamtrisiko bezüglich Leib und Leben.

Bei der Beurteilung wird zwischen *individuellem* und *kollektivem* Risiko unterschieden. Das individuelle Risiko beschreibt das Risiko, dem eine einzelne Person in einer bestimmten Situation ausgesetzt ist. Das einzelne Individuum orientiert sich an dieser Grösse. Demgegen-

über fasst das kollektive Risiko das gesamte Risiko aller Personen zusammen, die den in einer bestimmten Situation schlummernden Gefährdungen ausgesetzt sind. Es spiegelt demnach deutlich die Sicht des Betreibers von Anlagen und Prozessen und der Gesellschaft.

Ein paar Fakten: Es gibt in der Schweiz rund 20'000 Brände pro Jahr. Dabei sterben im langjährigen Mittel etwa 5 Menschen pro Million Einwohner. Das individuelle Todesfallrisiko aus Brand liegt – im Mittel der benachbarten Länder – in der Grössenordnung von 1 pro 100'000 Personen und Jahr. Dieses Risiko lässt sich mit anderen Risiken vergleichen, z.B. mit dem rund zehnmal grösseren Risiko, in einem Verkehrsunfall zu sterben, mit dem etwa 100-mal grösseren Berufsrisikos eines Waldarbeiters oder mit dem 1000-mal grösseren Sterberisiko eines etwa 60-jährigen Menschen.

Figur 2 enthält Beispiele für mittlere individuelle Todesfallrisiken. Es handelt sich um runde Zahlen, die im wesentlichen für die Schweiz zutreffen. Eine Fülle weiterer solcher Daten findet sich in (Fritzsche, 1986 und 1992).

Deutlich dominieren die im wesentlichen altersabhängigen Risiken, insbesondere natürlich für ältere Menschen. Diesem quasi natürlichen Risiko überlagern sich die recht unterschiedlichen Berufsrisiken und die Risiken aus individuellen Aktivitäten verschiedenster Art und auch des persönlichen Lebensstils. Diese Zahlen dürfen zur Ermittlung des Gesamtrisikos einer Person mit guter Näherung addiert werden.

<b>Mittlere Todesfallrisiken</b> pro Jahr und pro 100'000 Personen	
<b>Über alles:</b>	
110	25-jährig
100	35-jährig
300	45-jährig
800	55-jährig
2000	65-jährig
5000	75-jährig
<b>Berufsrisiken:</b>	
100	Holzfällen, Holztransport
90	Forstbetrieb
50	Bauarbeiter auf Baustelle
15	Chemische Industrie
10	Mechanische Fabrik
5	Büroarbeit
<b>Vermischte Risiken:</b>	
400	20 Zigaretten pro Tag
300	1 Flasche Wein pro Tag
150	sportl. Motorradfahren
100	Deltafliegen als Hobby
20	Autofahren (20–24 jährige)
10	Fussgänger, Haushalt
10	10'000 km Fahrt im PW
5	Bergwandern
3	10'000 km Autobahn
1	Flugzeugabsturz pro Flug
1	Brand in Gebäuden
1	10'000 km mit der Bahn
0.2	Tod d. Erdbeben (Kalif.)
0.1	Tod durch Blitzschlag

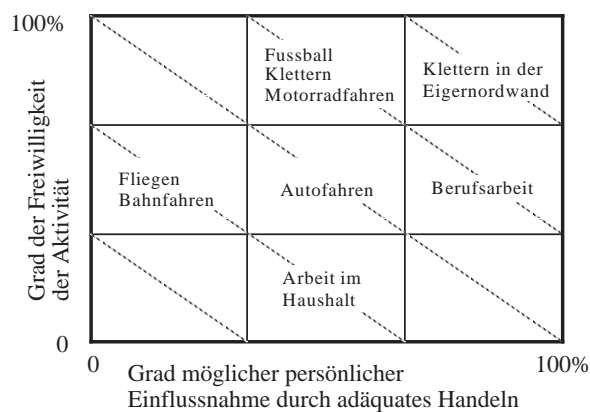
Figur 2: Todesfallrisiken

Das eine oder andere Risiko aus dieser Liste hätte man, wenn unbefangen befragt, vermutlich subjektiv höher eingeschätzt, so z.B. das Risiko, in Kalifornien bei einem Erdbeben zu sterben. Von besonderem Interesse für Vergleiche sind die Verkehrsriskien, die in dieser Tabelle auf eine mittlere, jährlich zurückgelegte Distanz von 10'000 km normiert sind.

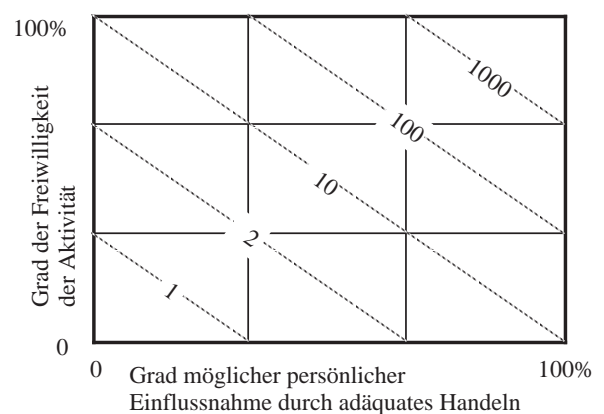
## Risikoakzeptanz

### Individuelle Personenrisiken

Eine zahlenmässige Festlegung dessen, was als individuelles Risiko akzeptierbar ist oder sein könnte, muss den Grad der Freiwilligkeit der Aktivitäten und den Grad möglicher persönlicher Einflussnahme auf die Reduktion von Risiken, also die Möglichkeit adäquaten Handelns, zusätzlich in Betracht ziehen (Schneider, 1996). Figur 3 setzt diese Aspekte in Beziehung und zeigt einige typische Aktivitäten. Figur 4 zeigt – wie in der Tabelle (Figur 2) auf 100'000 Personen bezogen – Todesfallrisiken, die mir persönlich als tragbar und angemessen erscheinen.



Figur 3: Aktivitäten



Figur 4: Akzeptierbare Risiken pro 100'000

Einem gesellschaftlichen Konsens entsprechende Schutzziele sind bisher in diesem Kontext noch nicht festgelegt worden. Verschiedene Länder sind daran, Zahlenwerte für die linke untere Ecke des Diagramms festzulegen, die dann als staatlich festgelegte Schutzziele für die Wohnbereiche unbeteiligter Dritter gegenüber – z.B. industrieller – nachbarlicher Aktivitäten gelten könnten. Will man die im Diagramm eingetragene Zahl akzeptieren, wäre das ein Todesfallrisiko von  $1/100'000$ , also  $10^{-5}/\text{Jahr}$ .

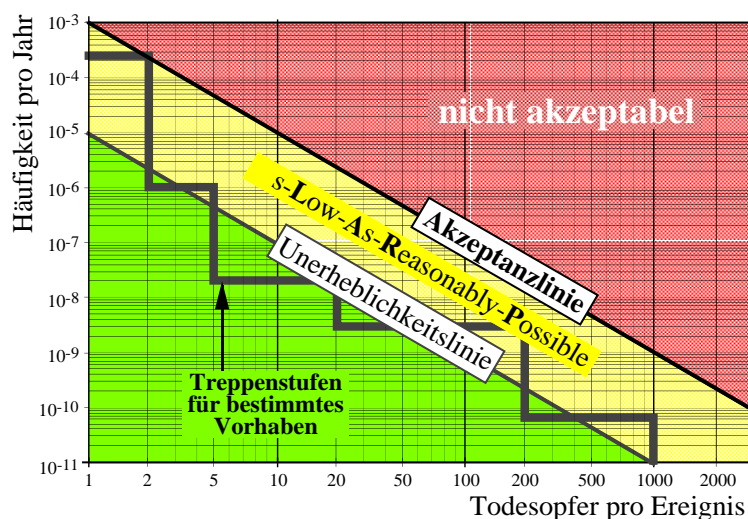
### Kollektive Personenrisiken

Aus der Sicht der Gesellschaft steht jedoch in der Regel nicht das individuelle Risiko im Zentrum des Interesses, sondern die Frage nach der Häufigkeit und Schwere von Ereignissen mit Schäden an Leib und Leben und an der Umwelt. Das sind die sog. kollektiven Risiken, ausgedrückt als die Häufigkeit, mit der z.B. ein einzelner Brand in der Schweiz 5 oder mehr Todes-

opfer fordert. Unerlässlich ist hier die Erwähnung des räumlichen und zeitlichen Bezugs – z.B. Schweiz – und pro Jahr.

Kollektive Risiken lassen sich in einem sog. Häufigkeits/Ausmass-Diagramm gut vergleichend beurteilen. Die Arbeit mit solchen Diagrammen erweist sich in vielen Fällen als effizient, weil sich damit rasch ein qualitativer Überblick, z.B. über die verschiedenen mit einem technischen Vorhaben verbundenen oder in einer bestimmten Situation schlummernden kollektiven Risiken gewinnen lässt.

Zu jedem denkbaren Unfall – Ingenieure reden von Gefährdungsbildern – sind z.B. die Anzahl der zu befürchtenden Todesopfer und die dazugehörige Auftretenshäufigkeit einzuschätzen. Diese definieren das dem betrachteten Gefährdungsbild zugeordnete Risiko (siehe auch Figur 1). Ordnet man die Gefährdungsbilder nach der Grösse des Schadenausmasses, lassen sich diese Risikoflächen aufeinander türmen und so das gesamte Gefährdungspotential des betrachteten Vorhabens oder des betrachteten Betriebs darstellen. Aus z.B. fünf das Gefährdungspotential eines Vorhabens charakterisierenden Gefährdungsbildern ergeben sich dann die in Figur 5 dargestellten fünf Treppenstufen.



Figur 5: Häufigkeits-Ausmass-Diagramm

Es ist einer Gesellschaft nicht zu verwehren, in ein solches Diagramm Akzeptanzlinien einzutragen und diese auf demokratischem Weg legitimieren zu lassen. Naheliegender ist es, sich – links im Diagramm – an den individuell als akzeptierbar bezeichneten Todesfallrisiken zu orientieren, hier also z.B. bei den jährlichen Häufigkeiten  $10^{-3}$  und  $10^{-5}$ . Wollte man das Risiko auch für schwerere Ereignisse

gleichgross halten, müsste eine Akzeptanzlinie so liegen, dass bei zehnfach grösserem Schadenausmass eine zehnmal kleinere Häufigkeit gefordert würde. Sehr häufig wird jedoch unter dem Begriff *Risikoaversion* das Argument vorgebracht, dass schwerere Schadenbilder deutlich überproportional gewichtet und damit deutlich kleinere Häufigkeiten gefordert werden sollten, z.B. bei zehnfach grösserem Schadenausmass eine hundertfach (=  $10^2$ -fach) kleinere Ereignishäufigkeit. Die Akzeptanzlinie in Figur 5 ist mit diesem Aversionsexponenten 2 eingezeichnet.

Die erwähnte, das Risiko eines Vorhabens beschreibende Treppenlinie darf die Akzeptanzlinie – wer immer sie festgelegt hat und wo immer sie auch liegen möge – nicht überschreiten. Tut

sie das, *müssen* Massnahmen ergriffen werden, um die Risiken des betrachteten Vorhabens unter die festgelegte Akzeptanzlinie zu zwingen.

Dann ist auf die etwa zwei Zehnerpotenzen tiefer liegende, oft auch als Unerheblichkeitslinie bezeichnete Begrenzung hinzuweisen, die den Bereich unten links abtrennt, deren Risiken in guten Treuen als unerheblich gelten dürfen.

Zwischen diesen beiden Linien liegt der Bereich, in dem Sicherheitsmassnahmen ergriffen werden sollten, sofern dies technisch und betrieblich möglich, wirtschaftlich tragbar und ökologisch verträglich ist. Das ist etwa der offizielle Wortlaut. Man spricht vom ALARP-Prinzip: die Risiken sollen *As Low As Reasonably Practical (Possible)* gehalten werden.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) hat in der Schweizerischen Störfallverordnung (StFV, 1991) diese Darstellungsart gewählt, um ihre Vorstellungen über die Akzeptanz kollektiver Risiken aus sog. Störfällen festzulegen. Sie spricht von Störfallwerten zwischen Null und Eins und ordnet diesen verschiedene Schadenindikatoren, z.B. Todesopfer, Verletzte, verunreinigte Gewässer, Sachschäden, und so weiter zu. Die Figur 5 entspricht, auf Todesopfer bezogen, im wesentlichen der Vorstellung der entsprechenden Richtlinie (StFV Richtlinien, 1996).

Entsprechend angepasst, scheint mir die Darstellung auch zur Beurteilung von Risiken geeignet, die mit Störfällen im engeren Sinn nichts zu tun haben. Freilich wird man die Häufigkeitsaxe dem betrachteten Problem anpassen, d.h. geeignet normieren müssen. Diese Axe kann als Häufigkeit eines Ereignisses pro Jahr und Gebäude angeschrieben werden, oder zum Beispiel als Häufigkeit pro Jahr und km Verkehrsweg. Natürlich kann man sich direkt auch auf die Leistung eines Verkehrsträgers, z.B. also auf den Transport-km eines Guts oder auf die geleisteten Personen-km beziehen. Wie auch immer, man wird – nachdem die Normierung der Axe festliegt – auch die Lage der Linien in diesem Diagramm je nach betrachtetem Problembereich festlegen müssen.

Die Lage der Akzeptanzlinie ist mit anderen vergleichbaren europäischen Entwürfen in guter Übereinstimmung (Merz, 1995). Sie ist als Vorschlag zu sehen und geniesst auch heute noch in der Schweiz keine rechtliche Legitimation. Doch wie so häufig ist das, was einmal – unter welchem Titel auch immer – vorgeschlagen wurde, nach einer gewissen Zeit faktisch bindend. So werden die mit der Störfallverordnung eingeführten Beurteilungsmassstäbe auch für andere Bereiche der Technik als Richtlinie häufig herbeigezogen.

## **Massnahmen zur Reduktion von Risiken**

Sind Risiken gross und als nicht akzeptierbar eingestuft, wird man um *Massnahmen* zu deren Reduktion nicht herum kommen. Risiken lassen sich grundsätzlich durch Massnahmen

senken. Vier Kategorien von Massnahmen sind zu unterscheiden (Schneider, 1996). Risiken lassen sich:

- *beseitigen* durch Massnahmen am Gefahrenherd selbst, z.B. Sprinkler
- *umgehen* durch Änderung der Absicht oder des Konzepts, z.B. Lagerung entzündlicher Güter im Freien in ausreichendem Abstand von Gebäuden
- *bewältigen* durch Kontrolle, Warnsysteme, Überwachung etc., z.B. Brandmeldeanlagen
- *überwältigen* durch Vorhalten ausreichender Reserven, z.B. durch bauliche Massnahmen, Erhöhung des Brandwiderstands

Hinzu kommt natürlich formal auch die weiter oben diskutierte Massnahme, ein bestimmtes, als akzeptierbar eingestuftes Risiko nun ganz bewusst auch wirklich zu *akzeptieren*.

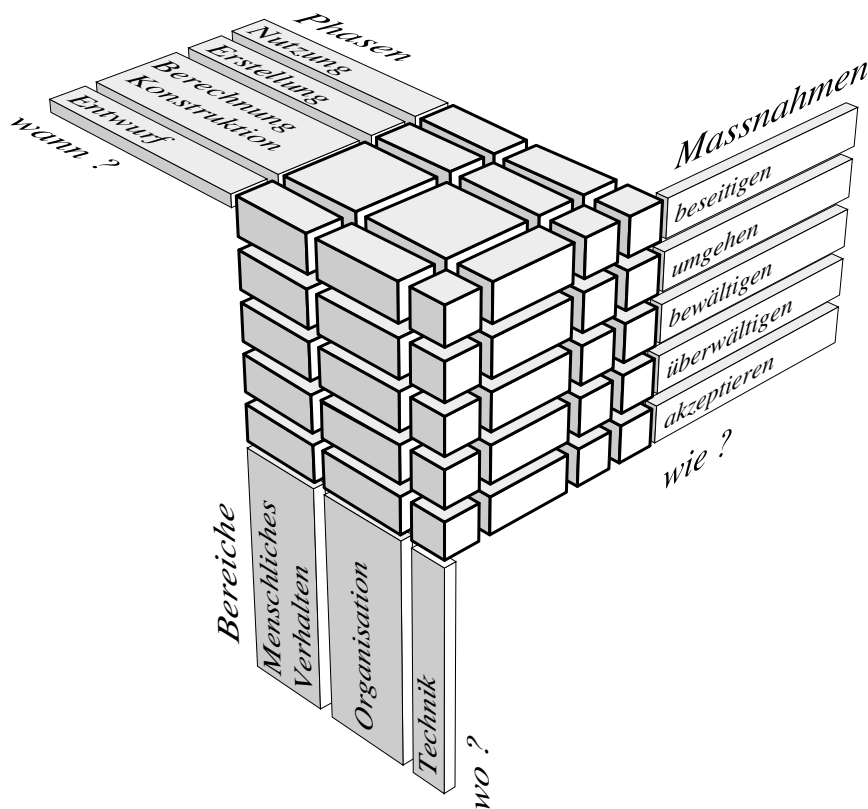
Die erwähnten gefahrenabwehrenden Massnahmen sind dabei *drei Bereichen* zuzuordnen, nämlich dem *technischen* Bereich, dem *organisatorischen* Bereich, sowie den Problemkreisen, in denen das *menschliche Verhalten* im Sinne einer Verminderung von Risiken günstig beeinflusst werden kann.

Die Massnahmen kommen sodann im Prinzip in *allen Phasen des Herstellungs- und Nutzungsprozesses* zum Einsatz, also während des Entwurfs einer Anlage, einer Einrichtung oder eines Prozesses, bei der oft nötigen Berechnung und Bemessung von Bauteilen beispielsweise, bei der Herstellung und der Nutzung sowie schliesslich bei der endgültiger Beseitigung der Anlage, zum Beispiel beim Abbruch eines Bauwerks.

Es ergibt sich ein dreidimensionales Schema, ein sog. morphologischer Kasten (Schneider, 1996). Das Schema gestattet die logische Einordnung aller denkbaren Möglichkeiten der Gefahrenabwehr. Die entstandene Figur 6 bietet meiner Meinung nach sehr nützliches Orientierungsmittel. Die Form gibt ihr den Namen: ich bezeichne sie als *Sicherheitswürfel*.

Zu bemerken ist, dass in der Praxis die Massnahmen häufig nur einem kleinen Teil des alle denkbaren Massnahmen enthaltenden Volumens dieses Würfels entnommen werden. In der Regel werden eher die *harten* Massnahmen gefordert, d.h. Abwehr von Risiken mittels technischer Massnahmen, z.B. in der Form der Bemessung von Teilen einer Stahlkonstruktion auf Brand, ohne in Betracht zu ziehen, dass man auch mit Sprinkleranlagen oder Rauchmeldern und einer einsatzbereiten Feuerwehr das Risiko reduzieren könnte.

Es ist deshalb festzustellen, dass häufig wirtschaftlich ungünstig bzw. sub-optimal gearbeitet wird. Grundsätzlich wäre in diesem Sicherheitswürfel die den Gefahren jeweils optimal entsprechende Massnahmenkombination zu suchen.



Figur 6: Sicherheitswürfel

Es ist reizvoll, bei der Diskussion eines bestimmten Problems den Sicherheitswürfel systematisch abzusuchen nach Möglichkeiten der Gefahrenabwehr. Man kommt dabei auf Ideen, an die man vorher nie gedacht hätte. Und das sind ja bekanntlich Ziel und Zweck morphologischen Denkens.

### **ALARP bei der Suche nach Konsens**

Die Suche nach einem Konsens über Sicherheits- oder Schutzziele darf nicht ohne gleichzeitige Beachtung der Kosten für die dazugehörigen Sicherheitsmassnahmen erfolgen. Je höher die Ziele, desto grösser sind die Kosten für Sicherheit. Oft fordert die Öffentlichkeit grössere Sicherheit, ohne sich über die damit verbundenen Kosten im Klaren zu sein.

Jede Massnahme zur Reduktion von Risiken kostet Geld. Bei reinen Sicherheitsmassnahmen sind dies die sog. Sicherheitskosten. Tragen Massnahmen lediglich teilweise zur Erhöhung der Sicherheit bei, lässt sich ein entsprechender Teil der Gesamtkosten als Sicherheitskosten abspalten. Jede hinsichtlich Sicherheit sinnvolle Massnahme führt auch zu einer Risikoreduktion. Der Quotient aus Sicherheitskosten und Risikoreduktion hat die Dimension "Geldeinheit pro Schadeneinheit", misst sich also z.B. in Franken pro gerettetes Menschenleben. Dieser Quotient wird mit dem Begriff *Rettungskosten* (Stiefel et al, 1985) verbunden.

Im Rahmen der Schätzgenauigkeiten für Sicherheitskosten und Risikoreduktion ist der Quotient Rettungskosten eine objektive Grösse und enthält keine Wertung. Er bezieht sich insbesondere nicht auf den Wert eines Menschenlebens. Gewertet wird erst bei der Auswahl und der Festlegung der Massnahmen, die zur Gewährleistung von Sicherheit ergriffen werden sollen.

Ein Zahlenbeispiel soll zeigen, dass Rettungskosten (RK) grundsätzlich sehr einfach ermittelt werden können. Ich wähle ein Beispiel, das jeder versteht: Auf einer bestimmten Strassenkreuzung einer Gemeinde erleiden jährlich im Durchschnitt 2 Menschen als Folge von Verkehrsunfällen den Tod. Eine vollständige Sanierung der Kreuzung durch eine kreuzungsfreie Verkehrsführung kann diese Zahl praktisch auf Null bringen. Die Sanierung

kostet 8 Millionen Franken und löst demnach Jahreskosten von rund 800'000 Franken aus. Davon müssen – das habe eine kleine Untersuchung ergeben – 75% als Sicherheitskosten gewertet werden, während der Rest der Sanierungskosten dem erhöhten Komfort, weniger Lärm aus Bremsen und Anfahren usw. anzurechnen ist. Das ergibt die folgenden Rettungskosten:

$$\begin{aligned} \text{RK} &= (0.75 \times 800'000 \text{ Fr.}) : 2 \\ &= 300'000 \text{ Fr./ gerettetes Menschenleben} \end{aligned}$$

Wird die Sanierung der Kreuzung vom Gemeinwesen beschlossen, hat es auf diese Art und Weise mehr oder weniger bewusst einen Konsens darüber erzielt, dass es bereit ist, zur Vermeidung eines Verkehrsopfers auf der fraglichen Kreuzung mindestens diesen Betrag aufzuwenden.

Analog lassen sich die Rettungskosten beziffern, die Brandmeldeanlagen (BMA) im Wohnbereich zuzuordnen wären. Die Fakten: 4 Brandtote im Wohnbereich pro Million Einwohner, Rückgang um 50% bei Anordnung von BMA, denen Jahreskosten von 15 Fr./Person gegenüberstehen. Das ergibt die folgenden Rettungskosten:

$$\text{RK} = 15 : (0.50 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) = 7.5 \text{ Mio Fr./ gerettetes Menschenleben.}$$

Solche Rettungskosten können mit anderen für die Rettung von Menschen aufgewendeten Beträgen verglichen werden. Die Tabelle der Figur 7 zeigt Beispiele für die Grössenordnung von

<b>Rettungskosten</b>	
Fr. pro gerettetes Menschenleben	
100	Mehrfachimpfung 3. Welt
1·10 <sup>3</sup>	
2·10 <sup>3</sup>	Installation Röntgenanlage
5·10 <sup>3</sup>	Tragen Motorradhelm
10·10 <sup>3</sup>	Bereitstellung Kardiomobil
20·10 <sup>3</sup>	Tuberkulose-Überwachung
50·10 <sup>3</sup>	Bereitstellung Helikopter für Notfalleinsätze
100·10 <sup>3</sup>	Sicherheitsgurte in Autos
bis	Sanierung von Kreuzungen
	Bereitstellung Nieren-Dialyse
500·10 <sup>3</sup>	Tragkonstruktionen von
1·10 <sup>6</sup>	Bauwerken
2·10 <sup>6</sup>	
5·10 <sup>6</sup>	S-Bahn Zürich, AlpTransit
10·10 <sup>6</sup>	Erdbebennorm CH
20·10 <sup>6</sup>	Bergwerksicherheit USA
50·10 <sup>6</sup>	
100·10 <sup>6</sup>	Hochhäuservorschrift GB
1·10 <sup>9</sup>	Asbest-Sanierung Schulen

Figur 7: Rettungskosten

Rettungskosten verschiedener Massnahmen. Erstaunlich ist wieder die grosse Bandbreite der Zahlenwerte.

Die Frage, welche Rettungskosten im Einzelfall noch vertretbar sind, ist eine Wertungsfrage, die von dem an Sicherheit interessierten Gemeinwesen beantwortet werden muss.

Beim Bau der S-Bahn Zürich hat man Massnahmen mit Rettungskosten unter 3 Millionen Franken pro gerettetes Menschenleben ohne langes Überlegen realisiert. Bei Massnahmen mit Rettungskosten über 10 Millionen hat man gezögert. Auch bei der Projektierung der NEAT gelten ähnliche Kriterien.

Doch wie auch immer: es ist optimal, bei begrenzt verfügbaren finanziellen Mitteln die Gelder zunächst für diejenigen Sicherheitsmassnahmen einzusetzen, denen kleine Rettungskosten zugeordnet sind, die also pro Geldeinheit eine grosse Risikoreduktion, einen grossen Sicherheitszuwachs bewirken. So lassen sich bei gleichbleibenden Gesamtausgaben mehr Menschenleben retten. Oder anders ausgedrückt: "... if our priorities in managing risks are not cost-effective, we are, in effect, killing people whose premature deaths could be prevented ..." (Okrent, 1980), hier im Original zitiert, da in seiner Krassheit kaum in die deutsche Sprache zu bringen.

## **Zusammenfassung**

Die Antwort auf die Frage nach der Notwendigkeit von Sicherheitsmassnahmen zum Schutz von Personen ergibt sich demnach aus drei Kriterien, nämlich aus

- der Grösse des als tragbar erachteten individuellen Personenrisikos
- der Grösse des als tragbar erachteten kollektiven Personenrisikos
- den zu einer Massnahme gehörigen Rettungskosten.

Die beiden erstgenannten Kriterien sind – wenn Schutzziele bzw. Akzeptanzlinien vorgegeben sind – zwingend einzuhalten. Das zuletzt genannte Kriterium gilt für den Zwischenbereich zwischen Akzeptanzlinie und Unerheblichkeitslinie und ganz allgemein immer dann, wenn keine Ziele vorgegeben sind, als Hinweis zur Setzung von Prioritäten bei der Massnahmenwahl.

## **Literatur**

Fritzsche, A.F.: "Wie sicher leben wir? Der Risikokatalog"; Verlag TÜV Rheinland, 1992

Fritzsche, A.F.: "Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft"; Verlag TÜV Rheinland, 1986

Merz, H.A.: "Bewertung von technischen Risiken"; Polyprojekt Risiko und Sicherheit technischer Systeme, vdf, 1995

- Okrent, D.: "Comment on Societal Risk"; Science, Vol. 208, April 1980
- Schneider, J., Schlatter, H.P.: "Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen – Grundwissen für Ingenieure"; 2. Auflage, B.G. Teubner, Stuttgart, 1996
- StFV: "Störfallverordnung, Handbuch I zur ..." herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bezugsquelle: EDMZ, 3000 Bern
- StFV Richtlinien, 1996: Richtlinien – Beurteilungskriterien I zur StFV, September 1996, Bezugsquelle: Dokumentationsdienst BUWAL, 3003 Bern
- Stiefel, U. und Schneider, J.: "Was kostet Sicherheit?"; Schweizer Ingenieur und Architekt, 47, 1985